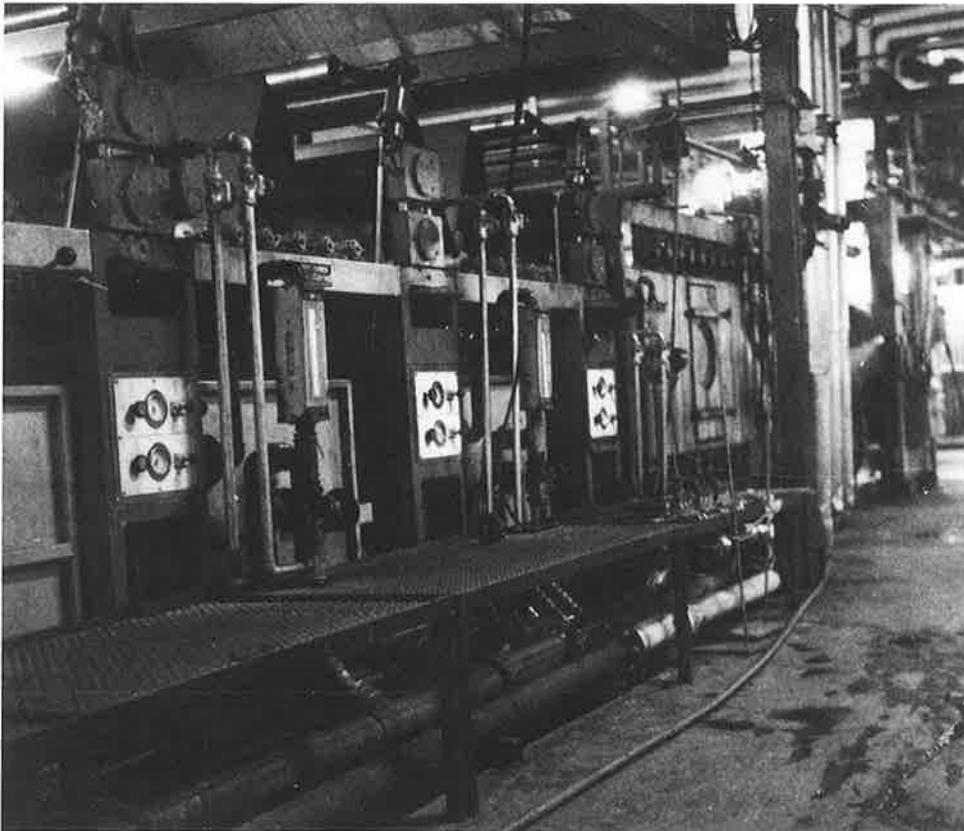


Energiebesparing in de industrie

De stijgende energieprijzen maken energiebesparing voor veel bedrijven economisch aantrekkelijk. Men ontwikkelt dan ook activiteiten op dit gebied en probeert met gerichte maatregelen tot besparingen te komen.

Om tot feitelijke energiebesparing te komen is in veel gevallen onderzoek noodzakelijk. Allereerst zal daarbij aandacht moeten worden geschonken aan maatregelen die op basis van proceskennis en ervaring met een beperkt onderzoek snel kunnen worden aangegeven. In aansluiting daarop zullen verdergaande mogelijkheden kunnen worden gevonden.

Hierbij moet gedacht worden aan het verbeteren van de procesvoering en het optimaliseren van de warmte-, kracht- en koudevoorziening van de productieprocessen. Omdat veel processen en apparaten zijn gebaseerd op aanzienlijk lagere energieprijzen dan de thans geldende, zijn de mogelijkheden tot energiebesparing vaak groot.

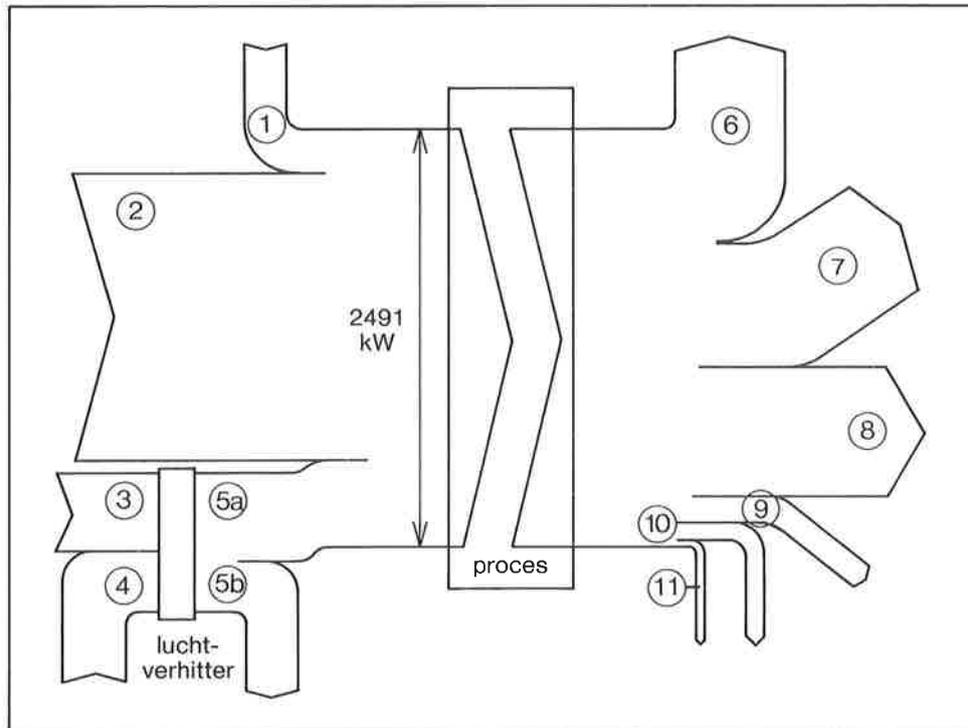


Ook voor het nemen van beslissingen waaraan belangrijke investeringen zijn verbonden is het een goede zaak vooraf met behulp van onderzoek vast te stellen welke effecten van de voorgenomen maatregelen te verwachten zijn. Deze benadering kan van belang blijken voor de toekomstige concurrentieverhoudingen.

Het uitvoeren van het onderzoek

Voor een nauwkeurige bepaling van de mogelijkheden tot energiebesparing is het opstellen van een energiebalans onontbeerlijk (fig. 1).

Aangezien echter veel processen discontinu en niet stationair zijn zal het in die gevallen noodzakelijk zijn om gedurende een bepaalde tijd simultaan een aantal procesgrootheden te meten. Met behulp van de computer kunnen de verkregen gegevens vervolgens worden verwerkt en weergegeven. Alleen op die wijze kan een goed inzicht worden verkregen in het procesverloop. Met name het verloop van het energiegebruik in de tijd (waarvan fig. 2 een voorbeeld geeft) is uiterst belangrijk voor het rendement van energiebesparende maatregelen.

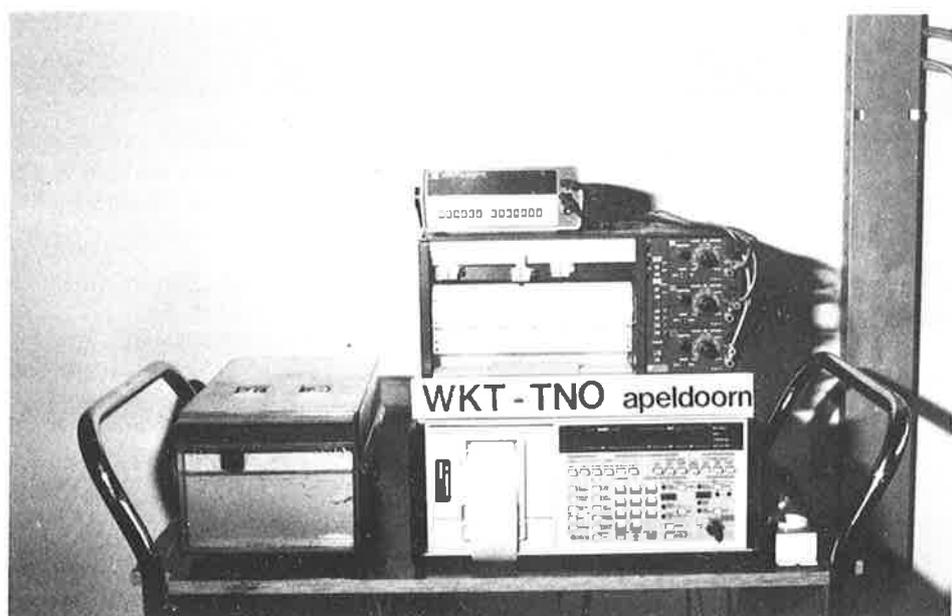


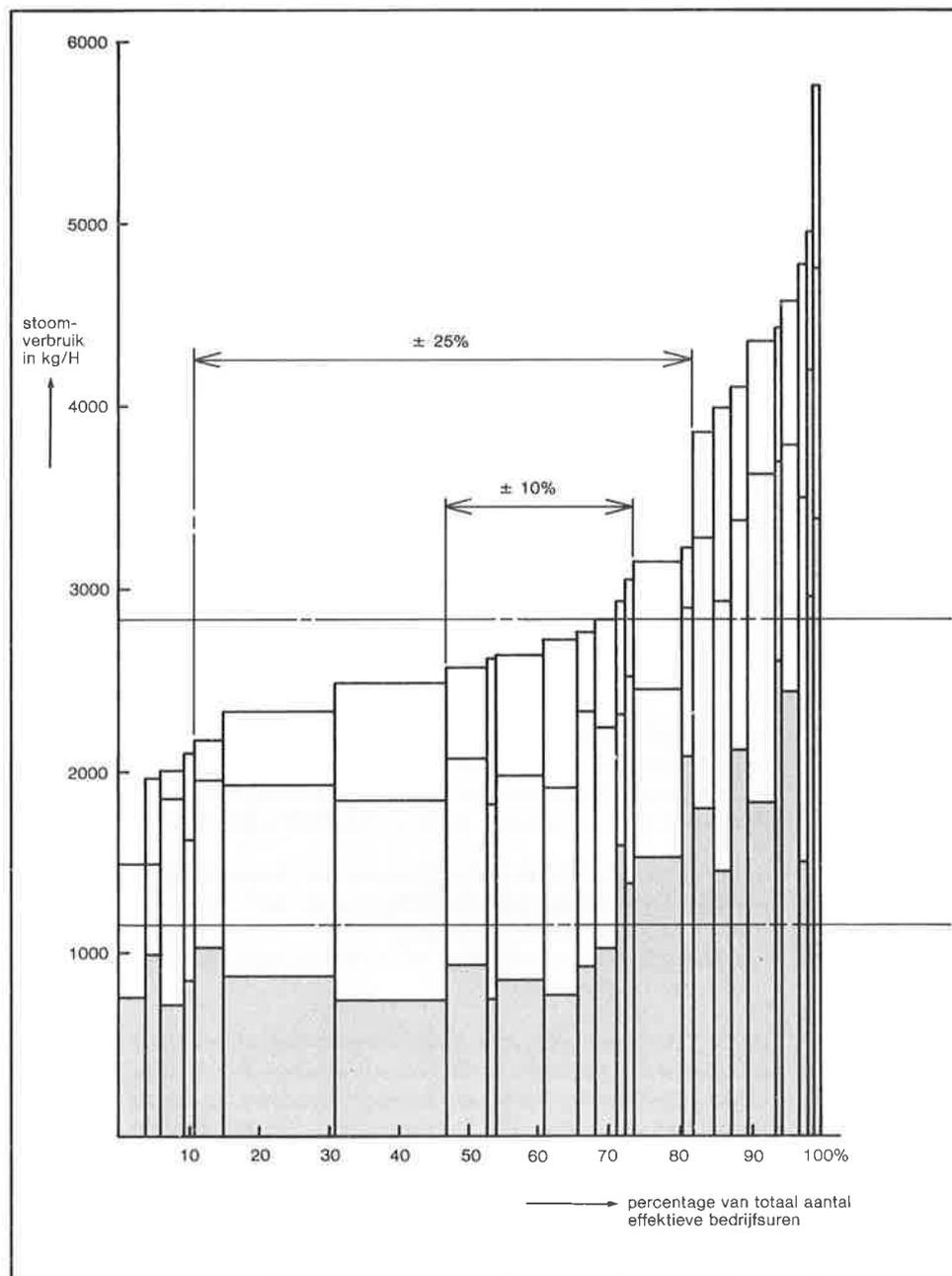
1 proceswater: 259 kW	5b elders afgezogen: 289 kW	9 afgezogen lucht stomer: 161 kW
2 stoom: 1717kW	6 afgezogen lucht procesruimte: 672 kW	10 condensaat droger: 115 kW
3 aangezogen lucht door luchtverhitter: 465 kW	7 rioolwater: 736 kW	11 lek, condens. straling: 37 kW
4 gas (bovenwaarde) 339 kW	8 afgezogen lucht droger: 770 kW	
5a aangezogen lucht: 515 kW		

Figuur 1. Energiebalans van een industrieel proces, opgesteld met behulp van metingen met een data acquisitie systeem.

Tevens kunnen daarbij relaties worden vastgelegd die van belang zijn voor de produkt-kwaliteit en de energiegebruiken.

In sommige gevallen zal het mogelijk en gewenst zijn de processen in rekenmodellen te simuleren om na te gaan welke gevolgen eventuele proceswijzigingen hebben en hoe de processen optimaal kunnen worden opgezet en geregeld.





Figuur 2. Verdeling stoomverbruik over de effectief gemeten bedrijfsuren.

Onderzoek gericht op de praktijk

Met behulp van onderzoek kan worden vastgesteld op welke plaatsen, in welke hoeveelheden en op welk temperatuurniveau energie in het proces wordt aangevoerd, omgezet en afgevoerd. Vervolgens kan worden nagegaan waar en op welke wijze deze energie opnieuw kan worden benut. Deze mogelijkheden tot energiebesparing zullen gewoonlijk als eerste de aandacht krijgen omdat daarbij de processen meestal nog niet ingrijpend behoeven te worden gewijzigd en de maatregelen op korte termijn kunnen worden

genomen.

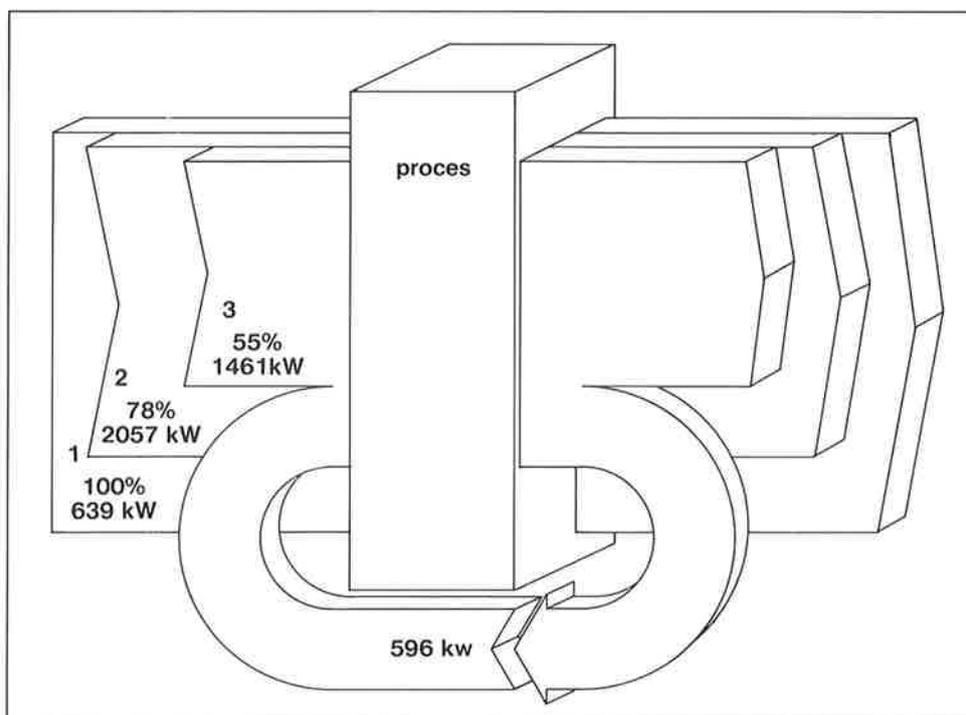
Over een langere termijn gezien is het zinvol eveneens aandacht te schenken aan de procesvoering, aan een aangepast ontwerp van de procesapparaten en aan het toepassen van geavanceerde warmte – terugwinsystemen zoals warmtepompen.

Hierbij zullen onder meer beschouwd moeten worden:

- de warmte-, kracht- en koudevoorziening;
- de tijden waarop bepaalde procescondities vereist zijn;
- de warmte-overdracht;
- de toepassing van moderne regeltechnieken (microprocessoren);
- het gebruik van benutbare afvalenergie;
- de produktkwaliteit.

Bepaling effecten

In ruimer verband is de effectbepaling van de maatregelen van groot belang. Met onderzoek gericht op deze doelstelling moeten de volgende vragen worden beantwoord:



Figuur 3. Effect energiebesparende maatregelen op de energiebalans.

1. Oorspronkelijke balans (= 100%).
2. Energiebalans na besparende maatregelen op het directe energieverbruik. Energiebesparing: 22%.
3. Energiebalans na maatregelen: pt 2. en warmteterugwinning.

- wordt de verwachte energiebesparing inderdaad verkregen?
- welke onvoorziene neveneffecten treden op?
- is de produktkwaliteit gewijzigd?
- welke zijn de mogelijkheden of belemmeringen voor invoering op een grotere schaal of in een ander verband?

Mogelijkheden van TNO

In TNO bevinden zich vele vakgerichte instituten en groepen, waarin gespecialiseerde proceskennis aanwezig is. Daarnaast zijn een aantal afdelingen en groepen werkzaam die specialistische ondersteuning kunnen geven op gebieden die niet aan een bepaalde bedrijfstak gebonden zijn. TNO zal vooral dan een zinvolle bijdrage aan het energieonderzoek kunnen leveren wanneer speciale onderzoekfaciliteiten in kennis en apparatuur gewenst zijn.

Ter illustratie volgt een beschrijving van een onderzoek dat is uitgevoerd door de afdeling Warmte- en Koudetechniek van de hoofdgroep Maatschappelijke Technologie TNO. Deze afdeling bestudeert de opwekking, het transport en de toepassing van warmte en koude. Naast studies en onderzoek in het laboratorium worden veelvuldig metingen uitgevoerd in gebouwen en industriële processen, gericht op de analyse van energiegebruiken. In het recente verleden was de aandacht vooral gericht op de toepassing van moderne meet- en registratietechnieken en de verwerking van de meetgegevens, zodanig dat op een betrouwbare en snelle wijze inzicht kan worden verkregen in het verloop en dynamisch gedrag van processen in relatie met de energiegebruiken.

In een industrieel proces werden gedurende twee weken metingen uitgevoerd, bestaande uit:

stoom-, electriciteits-, temperatuur-, vochtigheids- en hoeveelheidsmetingen.

De meetgegevens werden vastgelegd met een datalogger en vervolgens met de computer verwerkt.

Uit de resultaten bleek dat een energiebesparing van 45% mogelijk was, zoals fig. 3 aangeeft.

Het was duidelijk dat in dit geval de uitgevoerde registratie en verwerking van de meetgegevens noodzakelijk was om tot het vereiste inzicht in de procesvoering te komen. Een meer beperkte opzet van onderzoek zou aantoonbaar een zeer onvolledig resultaat hebben opgeleverd en tot onjuiste conclusies hebben geleid.

Voor nadere informatie over dit onderwerp kunt U contact opnemen met Ing. M. Kiel, tel. 055-77 33 44.

Energiebesparing in de industrie

De stijgende energieprijzen maken energiebesparing voor veel bedrijven economisch aantrekkelijk. Men ontwikkelt dan ook activiteiten op dit gebied en probeert met gerichte maatregelen besparingen te verkrijgen.

Om tot energiebesparing te komen is in veel gevallen onderzoek noodzakelijk omdat de uitgangsggegevens nog onvoldoende bekend zijn en nog geen goed inzicht bestaat in de gewenste en werkelijke procesomstandigheden.

Ook voor het nemen van beslissingen waaraan belangrijke investeringen zijn verbonden is het een goede zaak vooraf met behulp van onderzoek vast te stellen welke effecten van de voorgenomen maatregelen te verwachten zijn. Deze benadering kan van belang blijken voor de toekomstige concurrentieverhoudingen.

Naar de mening van de Raad voor het Energieonderzoek (Sts. Cr. 08-10-1981) moeten de inspanningen voor het energiebesparingsonderzoek in de komende jaren snel toenemen, vooral in de industrie.

Voor grote delen van de industrie of voor specifieke bedrijfstakken kunnen gecoördineerde onderzoekprogramma's op gang komen.

Tot nu toe heeft dit onderzoek in Nederland onvoldoende aandacht gehad. De Raad ziet het als een belangrijke taak voor de overheid initiatieven op dit gebied te ondersteunen.



De weg naar energiebesparing

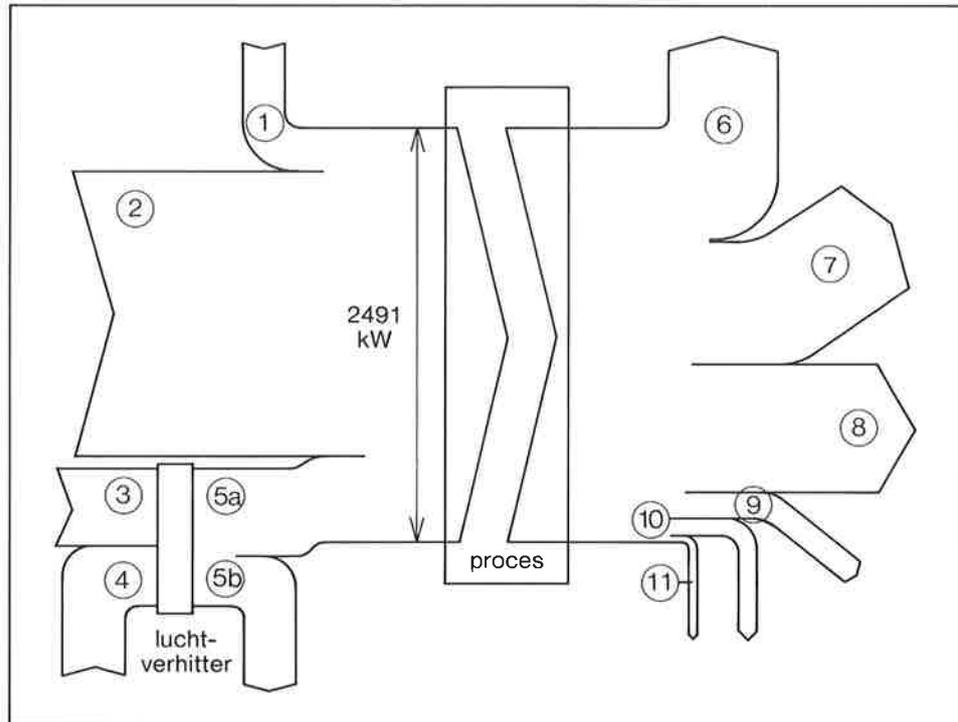
Een energie-analyse zal gewoonlijk een aantal fasen doorlopen. Het ligt voor de hand om te beginnen met maatregelen, die op korte termijn kunnen worden genomen, en waarvan de uitwerking doorzichtig en voorspelbaar is. Hieronder vallen de maatregelen die kunnen worden beschouwd als behorende tot een goede bedrijfshouding, zoals het tijds uitschakelen van energieverbruikende toestellen en het aanbrengen van isolatie. De kosten/baten verhouding van deze maatregelen is vaak zodanig dat de investering in minder dan een jaar is terugverdiend.

Voor de in een tweede fase te nemen maatregelen zal meer informatie over de energiehuishouding van het bedrijf als geheel nodig zijn.

Men dient in ieder geval te beschikken over een voldoende nauwkeurige energiebalans waaruit de vraag en het aanbod van warmte, kracht en koude kan worden afgeleid.

Vaak zal het nodig zijn verscheidene energiebalansen op te stellen die onderling verschillen naar plaats en tijd. Op deze wijze kan bijvoorbeeld worden beoordeeld of het terugwinnen van afvalwarmte economisch aantrekkelijk is. Deze energiebalansen bieden tevens het uitgangspunt voor het opzetten van een energieregistratie die een continue beoordeling en bewaking van het energieverbruik mogelijk maakt. Aangezien de verwarming en ventilatie van bedrijfsruimten vaak een belangrijk aandeel in het totale energieverbruik van een bedrijf blijken te hebben, is het beslist noodzakelijk ook deze energieposten in de beschouwingen op te nemen.

- 1 proceswater: 259 kW
- 2 stoom: 1717 kW
- 3 aangezogen lucht door luchtverhitter: 465 kW
- 4 gas (bovenwaarde) 339 kW
- 5a aangezogen lucht: 515 kW
- 5b elders afgezogen: 289 kW
- 6 afgezogen lucht procesruimte: 672 kW
- 7 rioolwater: 736 kW
- 8 afgezogen lucht droger: 770 kW
- 9 afgezogen lucht stomer: 161 kW
- 10 condensaat droger: 115 kW
- 11 lek, condens, straling: 37 kW



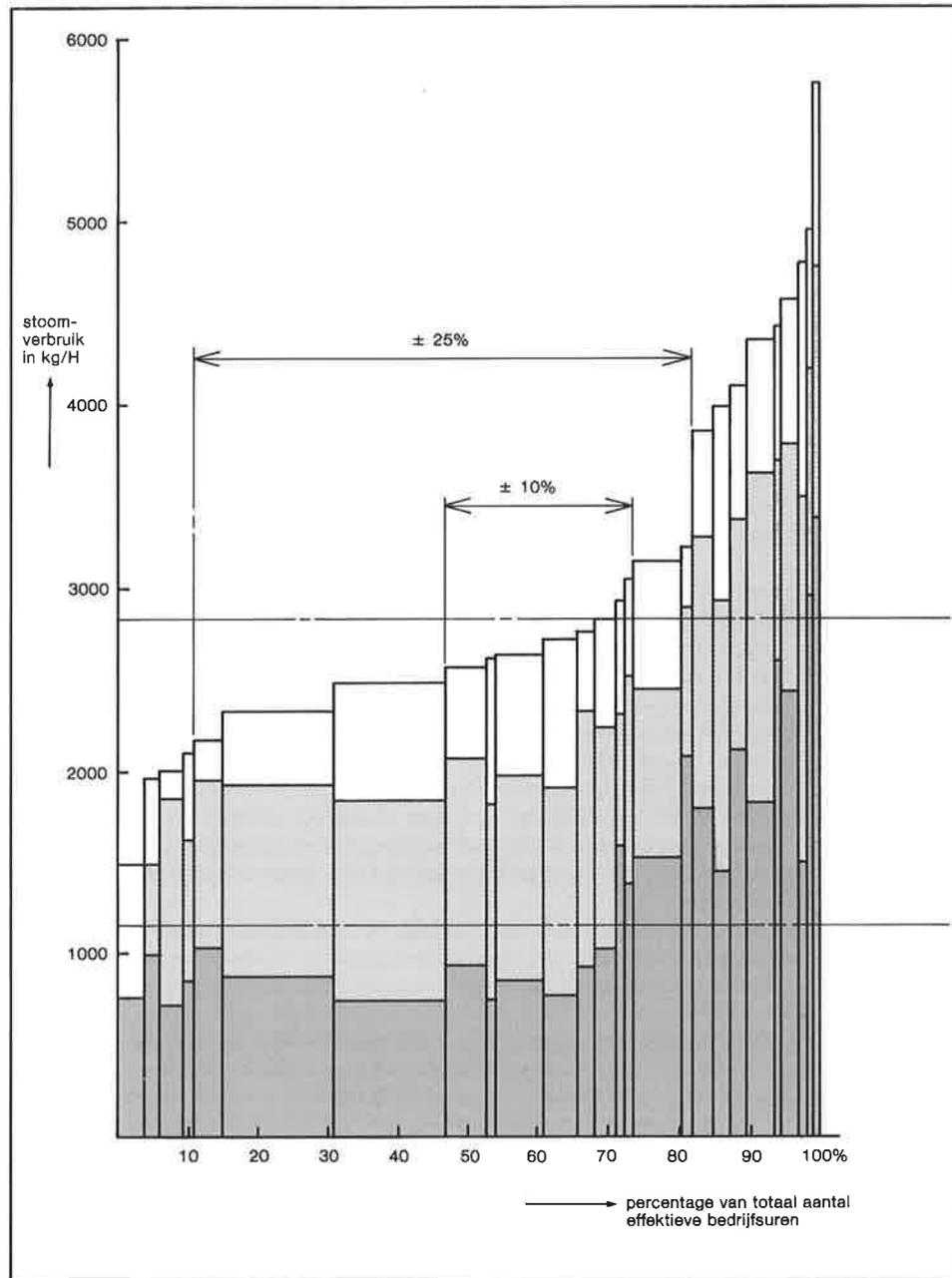
Figuur 1. Energiebalans van een industrieel proces, opgesteld met behulp van metingen met een data acquisitie systeem.

De energiebesparende maatregelen in deze fase zullen de nodige voorbereidingen vragen. Er moeten berekeningen en ontwerpen worden gemaakt en er moet worden geïnvesteerd. Soms zal de hulp van externe adviseurs nodig zijn.

In een derde fase zal men de aandacht moeten richten op de eigenlijke procesvoering. Veel in gebruik zijnde processen en procesapparaten zijn ontwikkeld in een tijd dat aanzienlijk lagere energieprijzen golden dan thans. De mogelijkheden tot energiebesparing kunnen daardoor aanzienlijk zijn. Het is duidelijk dat energiebesparende maatregelen in dit kader ingrijpend kunnen zijn. Om tot een verantwoorde wijziging van processen en apparaten te kunnen komen moeten de daarvoor noodzakelijke gegevens worden verzameld en geanalyseerd. Voor deze werkzaamheden is specialistische deskundigheid noodzakelijk. Het gaat in dit stadium vooral om deskundigheid op de gebieden van warmte-techniek, stromingstechniek, koudetechniek, procestechnologie en regeltechniek. Mensen met deze deskundigheid dienen samen met de mensen in het bedrijf die de specifieke proceskennis en ervaring hebben, een meerjaren-energiebesparingsplan op te stellen. Het verdient aanbeveling om in deze fase de projectleiding van het energie-onderzoek in handen te leggen van een ervaren energiedeskundige. Hiermee wordt bereikt dat alle beschikbare mogelijkheden, zowel voor het onderzoek als voor de eventuele maatregelen, zoveel mogelijk worden benut. De investeringen zullen meestal hoog zijn en het is voor het nemen van beslissingen van groot belang dat vooraf zorgvuldig wordt vastgesteld welke effecten te verwachten zijn. Het is niet uitgesloten dat deze werkwijze leidt tot demonstratieprojecten. Dit zijn door de overheid gesubsidieerde projecten waarmee nieuwe technieken of bestaande technieken in nieuwe toepassingen worden geïntroduceerd.

Onderzoek Om inzicht te krijgen in de werkelijke energieverbruiken en om effectieve maatregelen te kunnen voorbereiden zal het vaak nodig zijn om met onderzoek de nodige gegevens te verzamelen. De wijze waarop het onderzoek wordt opgezet en uitgevoerd is sterk afhankelijk van de aard van de maatregelen die men denkt te nemen. Gaat het om maatregelen in het kader van de bedrijfshuishouding dan zal een zogenaamde "doorlichting", die met eenvoudige meetapparatuur wordt uitgevoerd, reeds veel gegevens kunnen opleveren. Wanneer het gaat om het opstellen van energiebalansen is diepgaand onderzoek nood-

zakelijk. Als de processen bijvoorbeeld discontinue en niet stationair zijn is het noodzakelijk om gedurende een bepaalde tijd simultaan een aantal procesgrootheden te meten. Met behulp van de computer kunnen de verkregen gegevens vervolgens worden gecorrigeerd, verwerkt en weergegeven. Alleen op deze wijze kan een goed inzicht worden verkregen in het procesverloop. Met name het verloop van het energieverbruik in de tijd (waarvan fig. 2 een voorbeeld geeft) is belangrijk voor het bepalen van het effect van energiebesparende maatregelen. Tevens kunnen daarbij relaties worden vastgelegd tussen de diverse procesgrootheden die van belang zijn voor de produktkwaliteit en de energieverbruiken.



Figuur 2. Voorbeeld van een energieverbruikspatroon in een industrieel proces.

Richt het onderzoek zich op procesverbeteringen of -wijzigingen, dan zal meestal een uitvoerig meetprogramma met geavanceerde meetapparatuur moeten worden uitgevoerd met als doel inzicht te verkrijgen in het statisch en dynamisch gedrag van het proces en de installaties.

In sommige gevallen zal het mogelijk en gewenst zijn de processen in rekenmodellen te simuleren om na te gaan welke gevolgen eventuele proceswijzigingen hebben en hoe de processen op de beste manier kunnen worden opgezet en geregeld.

Onderwerpen die hierbij een rol spelen zijn onder meer:

- de warmte-, kracht- en koudevoorziening;
- de tijden waarop bepaalde procescondities vereist zijn;

- de warmte-overdracht;
- de toepassing van moderne regeltechnieken (microprocessoren);
- het gebruik van benutbare afvalenergie;
- de produktkwaliteit;
- de stromingsweerstand van apparaten.

Effectbepaling Behalve dat onderzoek noodzakelijk is ter voorbereiding van energiebesparende voorzieningen, is onderzoek ook zinvol nádat de voorzieningen zijn uitgevoerd. Het is van groot belang dat zekerheid bestaat omtrent de wijze van functioneren van de voorzieningen. Ten behoeve van deze doelstelling dienen via onderzoek de volgende vragen te worden beantwoord:

- wordt de verwachte energiebesparing inderdaad verkregen?
- welke onvoorziene neveneffecten treden op?
- is de produktkwaliteit gewijzigd?
- welke zijn de mogelijkheden of belemmeringen voor invoering op een grotere schaal of in een ander verband?

In die gevallen waarin de werking van de geleverde installatie wordt gegarandeerd, verdient het aanbeveling garantiebeproevingen te laten uitvoeren door een onafhankelijke instelling. Daarbij is het noodzakelijk dat de eisen vooraf volledig en duidelijk worden geformuleerd. De kosten van een dergelijke meting bedragen doorgaans een fractie van de kostprijs van de geleverde installatie.

TNO-onderzoek In TNO zijn verscheidene afdelingen werkzaam die zijn gespecialiseerd in de warmte-techniek, de stromingstechniek, de koudetechniek en de procestechiek. Deze afdelingen beschikken over speciale onderzoekfaciliteiten, kennis en apparatuur die ten dienste van het bedrijfsleven kunnen worden ingezet. Deze disciplinegerichte afdelingen zullen een breed scala van industriële bedrijven met energie-onderzoek van dienst kunnen zijn. De besparing op Warmte, Koude en Kracht is een universeel probleem dat in praktisch ieder bedrijf voorkomt.

Een TNO-afdeling die kan bogen op een rijke ervaring op het gebied van het energie-onderzoek is de afdeling Warmte- en Koudetechniek.

Deze afdeling is voortgekomen uit het voormalige Rijksinstituut voor Brandstoffeneconomie en kan daardoor terugzien op meer dan 60 jaar ervaring in energie-onderzoek. In het kort gezegd omvat het werkgebied van deze afdeling: het opwekken, transporteren en toepassen van warmte en koude.

Naast studies en onderzoek in het laboratorium worden veelvuldig in gebouwen en bedrijven praktijkmetingen uitgevoerd, die zijn gericht op de analyse van energieverbruiken. Voor de metingen is een speciale meetauto ontwikkeld. Daarin bevindt zich een groot aantal voor energie-onderzoek bestemde meetinstrumenten.

Met de instrumenten van de afdeling kan vrijwel elk meetprobleem worden aangepakt én opgelost.

De meetgegevens worden meestal met dataloggers vastgelegd om computerverwerking mogelijk te maken. Op deze wijze kunnen correlaties worden vastgesteld en kan inzicht worden verkregen in het verloop van procesomstandigheden in de tijd.

Voorbeelden van onderzoeken die de afdeling de laatste jaren heeft uitgevoerd zijn:

- het analyseren van energieverbruiken in zwembaden;
- onderzoek van meetmethoden voor warmtemeting in woningen;
- onderzoek van energieverbruiken in asfaltmenginstallaties;
- het opstellen van energiebalansen voor een verfmachine, rekening houdend met het dynamische gedrag;
- het opstellen van een energiebalans van een middelgroot bedrijf, gevolgd door detail-onderzoek gericht op energie-management en toegepaste regelingen.

Voor nadere informatie over dit onderwerp kunt U contact opnemen met Ing. M. Kiel, tel. 055 - 77 33 44



Onderzoek naar de verbranding van afvalstoffen

In ons land worden per jaar grote hoeveelheden afvalstoffen geproduceerd. Deze afvalstoffen kunnen vast, pasteus, vloeibaar of gasvormig zijn. Verschillende van deze afvalstoffen kunnen vanwege doorgaans meerdere oorzaken niet weer in de materiaalkringloop worden opgenomen.

Verbranden is één van de mogelijkheden om ze kwijt te raken. De vrijkomende energie kan dan worden benut. Wel moet worden nagegaan wat de consequenties van het verbrandingsproces voor het milieu zijn. Een techniek die zich goed leent voor het verbranden van afvalstoffen is de wervelbedverbranding. Deze voor de verbranding van kolen ontwikkelde techniek vindt steeds meer toepassing voor de verbranding van afvalstoffen.

Wat is verbranding?

Verbranding is een chemisch proces waarin, bij een doorgaans verhoogde temperatuur, een (brand)stof reageert met zuurstof. Kenmerken van dit proces zijn:

- er komt energie vrij in de vorm van warmte en/of een verhoging van de druk;
- de oorspronkelijke brandstof wordt vernietigd;
- er ontstaan verschillende reactieproducten.

Verbranding wordt toegepast om één of meerdere kenmerken te benutten. Voorbeelden hiervan zijn:

- het verbranden van fossiele brandstof voor de opwekking van elektriciteit en warmte;
- het verbranden van afvalstoffen;
- het produceren van roet (carbon black) ten behoeve van de bandenindustrie.

Factoren die de verbranding beïnvloeden

De voornaamste factoren die de verbranding beïnvloeden en waarmee dus op de een of andere wijze het verbrandingsproces kan worden gestuurd zijn:

- de soort brandstof
 - vast
 - vloeibaar
 - gasvormig;
- de afmeting van de brandstof
 - deeltjesgrootte
 - druppelgrootte;
- de samenstelling van de brandstof;
- de menging van brandstof en lucht;
- de temperatuur in de vuurhaard;
- het toedienen van toeslagstoffen.

Wanneer we ons realiseren dat deze factoren elkaar ook onderling beïnvloeden, wordt het duidelijk dat we te maken hebben met een uiterst gecompliceerd proces. Het is dan ook niet verwonderlijk dat, mede gezien het belang van het verbrandingsproces voor onze samenleving, over de gehele wereld uitgebreid onderzoek op dit gebied wordt verricht.

Verbrandingsonderzoek bij TNO

Hoewel bij het onderzoek naar de verbranding het zwaartepunt van de aandacht doorgaans op één van de eerder genoemde kenmerken zal zijn gericht, zal dat nooit mogen betekenen dat de andere kenmerken worden verwaarloosd.

Een duidelijk voorbeeld hiervan is de afvalverbranding. Weliswaar wordt hier de verbranding toegepast om de brandstof te vernietigen, maar een studie hiernaar zal niet voorbij kunnen en mogen gaan aan het ontstaan van reactieproducten en de mogelijkheid om de bij de verbranding vrijkomende energie te benutten.

Voor het verbrandingsonderzoek dat door de afdeling Warmte- en Koudetechniek van de Hoofdgroep Maatschappelijke Technologie TNO in samenwerking met de afdelingen Stroomingstechniek en Analytische Chemie wordt verricht, is deze totaal-aanpak uitgangspunt.

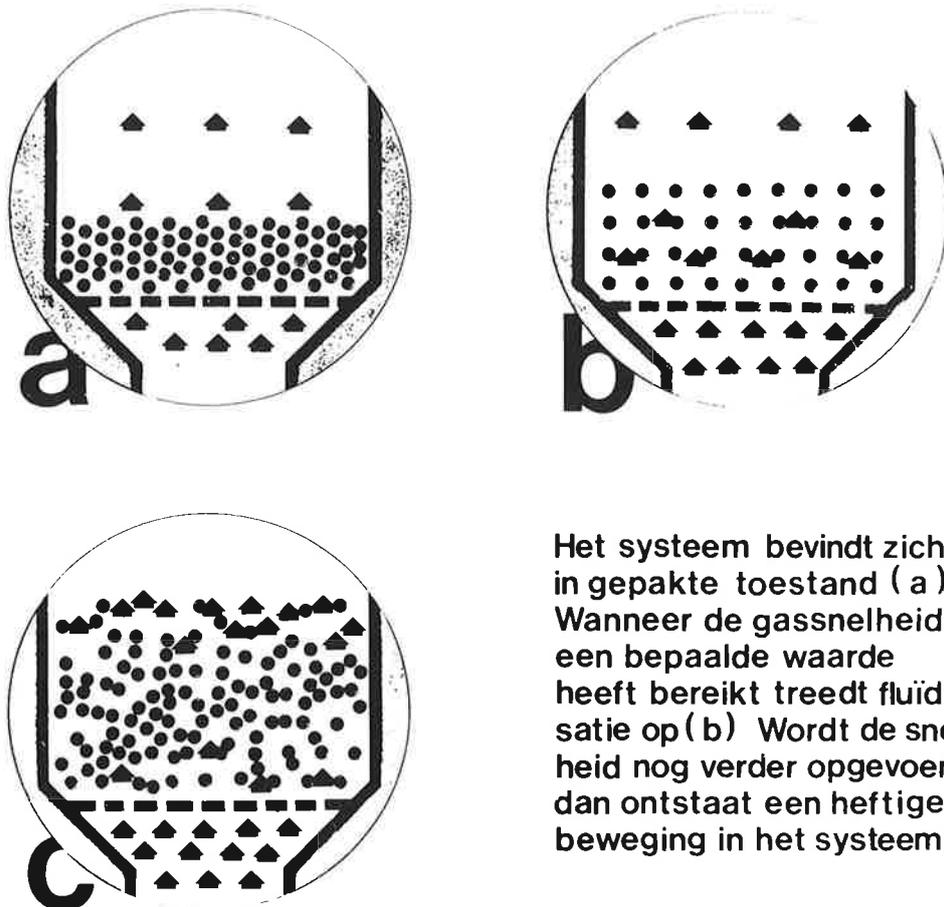
Het omvat de volgende aspecten:

- het optimaal verbranden van de brandstof ten einde de daarin opgeslagen energie zo economisch mogelijk om te zetten en te benutten. Dit laatste houdt in dat ook aandacht wordt geschonken aan de warmte-overdracht in de oven of ketelinstallatie waarin de verbranding plaatsvindt;

- het zo veilig mogelijk verbranden van de brandstof ten einde te bevorderen dat de verbrandingsinstallatie geen gevaar oplevert voor bedienend personeel of omwonenden;
 - het beperken van de uitworp van milieu-onvriendelijke componenten zoals zwaveldioxyde stikstofoxyden, zoutzuur en zware metalen uit verbrandingsinstallaties door
 - te bevorderen dat het verbrandingsproces en de verbrandingsinstallatie zodanig worden geoptimaliseerd, dat de vorming van deze componenten minimaal is;
 - te bevorderen dat, wanneer uit het verbrandingsproces bepaalde afvalstoffen vrijkomen, dit in een zodanige vorm geschiedt dat het mogelijk is deze stoffen te verwijderen en ergens voor te gebruiken;
 - het ontwikkelen van reinigingssystemen voor rookgassen van verbrandingsinstallaties;
 - het ontwikkelen van de voor het onderzoek benodigde meetapparatuur. Hieronder neemt de meetapparatuur ter bepaling van de concentratie van milieu-onvriendelijke componenten in rookgassen een zeer voorname plaats in;
 - het ontwikkelen van speciale verbrandingsapparatuur.
- Het onderzoek wordt op verschillende manieren uitgevoerd. Allereerst in het laboratorium door onderzoek aan de daar opgestelde proefinstallaties en door het ontwikkelen van meetapparatuur. Voorts in de praktijk door metingen aan in werking zijnde verbrandingsinstallaties en ten slotte met bureaustudies.
- De belangrijkste brandstoffen die in het laboratorium worden onderzocht zijn afvalstoffen en steenkool. Het zou te ver voeren alle onderzoeken die worden uitgevoerd te beschrijven. Dit artikel zal daarom worden beperkt tot een behandeling van het onderzoek dat momenteel sterk in de belangstelling staat, te weten:
- de verbranding van afvalstoffen in een wervelbedoven.

Wervelbed verbranding

Het wervelbed bestaat uit vaste deeltjes die door een opwaartse luchtstroom continu gemengd worden. Bij een geringe luchtsnelheid is het bed gepakt en rust het op een roosterplaat (figuur 1). Deze roosterplaat is voorzien van een groot aantal gaatjes waar lucht doorheen wordt geperst. De luchtstroom die door het bed wordt geblazen heeft een dubbele functie. Enerzijds zorgt hij voor het in stand houden van de werveling van het bedmateriaal, anderzijds zorgt de luchtstroom voor de toevoer van de voor de verbranding benodigde zuurstof. De afmetingen en de configuratie van deze gaatjes hebben invloed op het wervelingsproces. Bij verder toenemen van de luchtsnelheid worden in het bed luchtbellen



Het systeem bevindt zich in gepakte toestand (a) Wanneer de gassnelheid een bepaalde waarde heeft bereikt treedt fluidisatie op (b) Wordt de snelheid nog verder opgevoerd dan ontstaat een heftige beweging in het systeem (c)

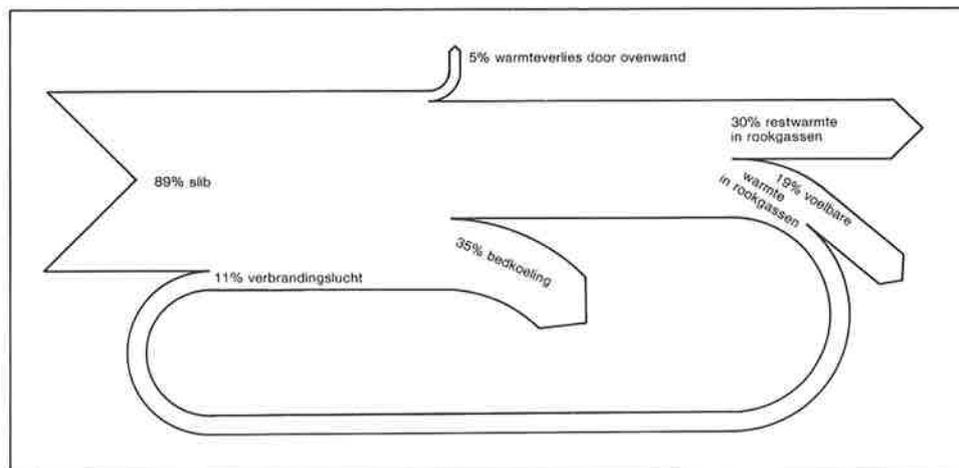
Figuur 1. In een wervelbed worden de vaste deeltjes in een zwevende toestand gebracht.

Wanneer een juiste instelling van de procescondities is bereikt worden uitgebreide milieu- en energiemetingen uitgevoerd.

Voor de milieu-aspecten zijn dit:

- samenstelling van de afvalstof;
- samenstelling en hoeveelheid residu (bed, cycloon en doekenfilter);
- samenstelling en hoeveelheid van het stof in de rookgassen.

Wanneer dit op grond van de samenstelling van de te onderzoeken afvalstof nodig wordt geacht, kunnen zware metalen eventueel PCB's en dioxine in de rookgassen en het residu worden gemeten.



Figuur 3. Sankey-diagram van de verbranding van slib met circa 60% droge stof in een wervelbedoven.

Energie

Met behulp van de uitgevoerde energiemetingen wordt een energiebalans over de installatie opgesteld. Deze balans geeft informatie over de energieconsumptie en de energieproductie van de installatie. De energiestromen worden meestal in een zogenaamd Sankey diagram weergegeven (figuur 3). Uit deze gegevens kan worden bepaald welke hoeveelheid energie nuttig gebruikt kan worden of hoeveel energie aan het verbrandingsproces moet worden toegevoerd indien de afvalstof een lage verbrandingswaarde heeft (figuur 4).

gevormd. Het aanvankelijk gepakte bed expandeert, waardoor het bedmateriaal gaat wervelen. Bij nog verder toenemen van de luchtsnelheid wordt, door de belvorming, het wervelbed steeds onrustiger waardoor een heftige beweging van de vaste deeltjes in de stromende lucht wordt verkregen. Tengevolge van deze heftige beweging ontstaat een zeer goede menging van de vaste deeltjes in het bed.

De luchtsnelheid in het bed moet tussen twee grenzen worden gehouden, waarbij de laagste luchtsnelheid zodanig is dat juist geen vaste deeltjes bezinken en de hoogste luchtsnelheid zodanig dat geen ongewenste hoeveelheden vaste deeltjes door de luchtstroom worden meegevoerd. De grenzen waarbinnen het wervelbed kan opereren, worden onder andere beïnvloed door de deeltjesgrootte en dichtheid van de deeltjes. Voordat de verbranding in een wervelbed plaatsvindt, moet het bed eerst worden opgewarmd tot boven de ontstekingstemperatuur van de brandstof.

Is deze temperatuur bereikt dan kan de brandstof of de afvalstof direct in het bed worden gedoseerd. Het bed fungeert dan als een thermisch vliegwiél.

Eigenschappen van een wervelbed vuurhaard

Een wervelbed vuurhaard heeft in vergelijking met andere vuurhaarden een aantal gunstige eigenschappen. Deze zijn voornamelijk toe te schrijven aan de goede stof- en warmte-overdrachtscondities die door de goede menging van het bedmateriaal en de te verbranden stoffen gerealiseerd kunnen worden.

Voordelen van een wervelbed zijn onder andere:

- een homogene temperatuur en gassamenstelling in de vuurhaard waardoor voor de verbranding optimale condities kunnen worden ingesteld en emissies van stank en schadelijke stoffen zoveel mogelijk worden vermeden;
- een relatief lage verbrandingstemperatuur waardoor de vorming van thermische stikstofoxiden wordt voorkomen;
- een goede interne menging van de vaste brandstof met de zuurstof;
- geen strenge eisen aan de grootte en vorm van de toe te voeren brandstoffen;
- de mogelijkheid om door het toedienen van toeslagstoffen bepaalde gasvormige componenten te binden;
- een hoge warmte-overdracht naar de vuurhaardwanden of de koelpijpen.

De experimentele wervelbed vuurhaard

De bij de afdeling Warmte- en Koudetechniek gebouwde oven heeft een cilindrische vuurhaard met een diameter van 0,5 m en hoogte van circa 6 m (figuur 2). De vuurhaard is opgebouwd uit vuurvast beton, waardoor vuurhaardtemperaturen tot circa 1400 °C toegelaten kunnen worden. Voor het afscheiden van vaste deeltjes zijn in de rookgasstroom een cycloon en een doekenfilter geplaatst. In de rookgasstroom bevindt zich tevens een luchtverhitter waarin de rookgassen worden afgekoeld en de verbrandingslucht wordt opgewarmd. De temperatuur van de verbrandingslucht is circa 450 °C.

In het bed, dat bij de verbranding van afvalstoffen meestal uit zand bestaat, bevinden zich koelpijpen. Hierdoor wordt de in het bed ontwikkelde warmte afgevoerd. Wanneer de verbrandingswarmte van een afvalstof te laag is om het bed op de gewenste temperatuur te houden, worden in het bed branders aangebracht. Door deze flexibele bouw is het mogelijk stoffen met een hoge verbrandingswarmte (zoals steenkool) en stoffen met een zeer lage verbrandingswarmte (zoals slib) in de oven te onderzoeken. Door middel van een computersysteem worden de meetgegevens, zoals rookgasemissies en vuurhaardtemperaturen, automatisch opgenomen en verwerkt.

Onderzoeksaspecten

Het onderzoek in de wervelbedoven is er in het algemeen op gericht het verbrandingsproces te optimaliseren. De belangrijkste aspecten hierbij zijn:

- ovencapaciteit;
- milieu;
- energie.

Capaciteit

Een belangrijk gegeven voor het ontwerp van een praktische installatie is de capaciteit van de oven. Daarom wordt tijdens het onderzoek de maximale ovencapaciteit vastgesteld, bij een overigens goed verlopend verbrandingsproces.

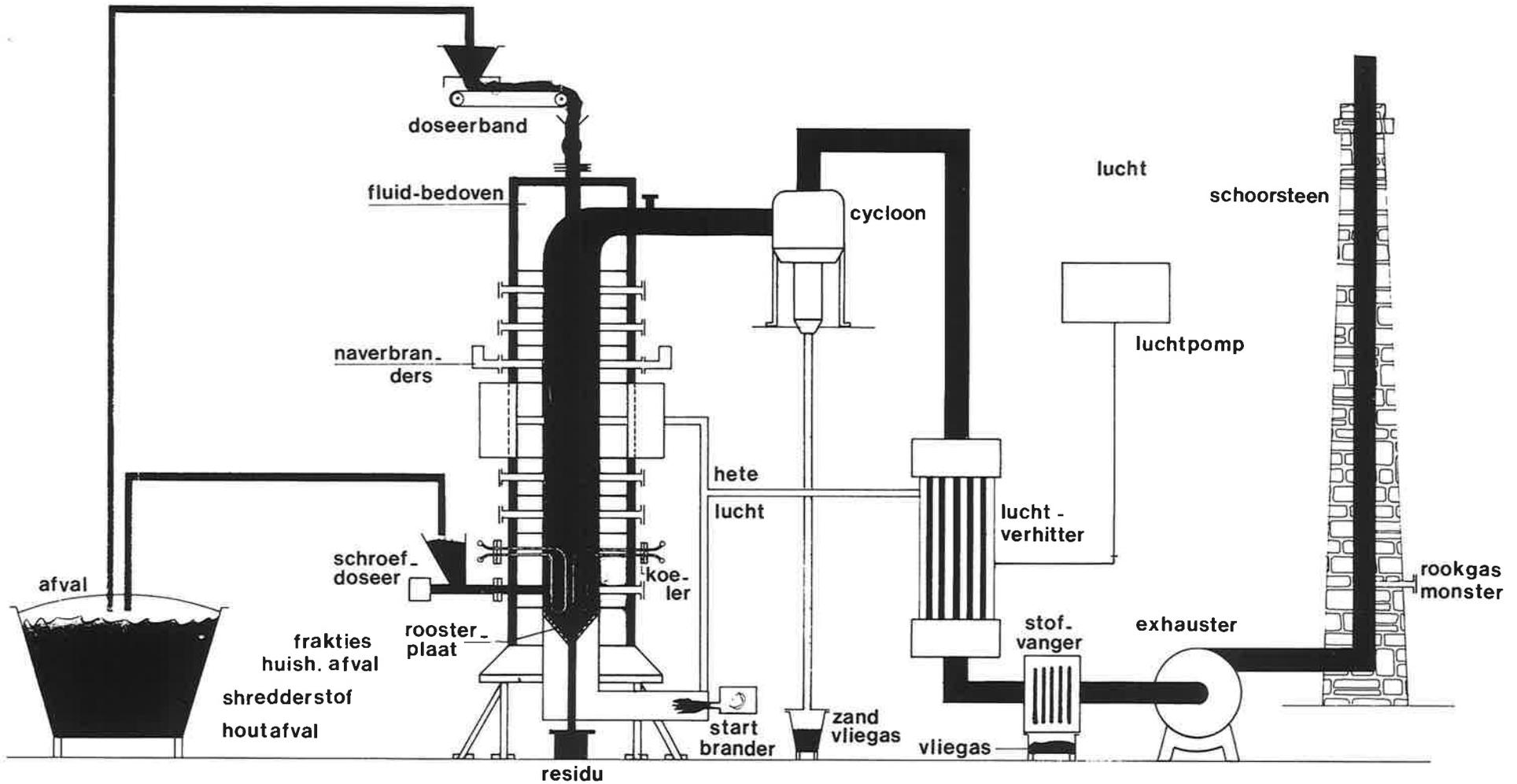
Milieu

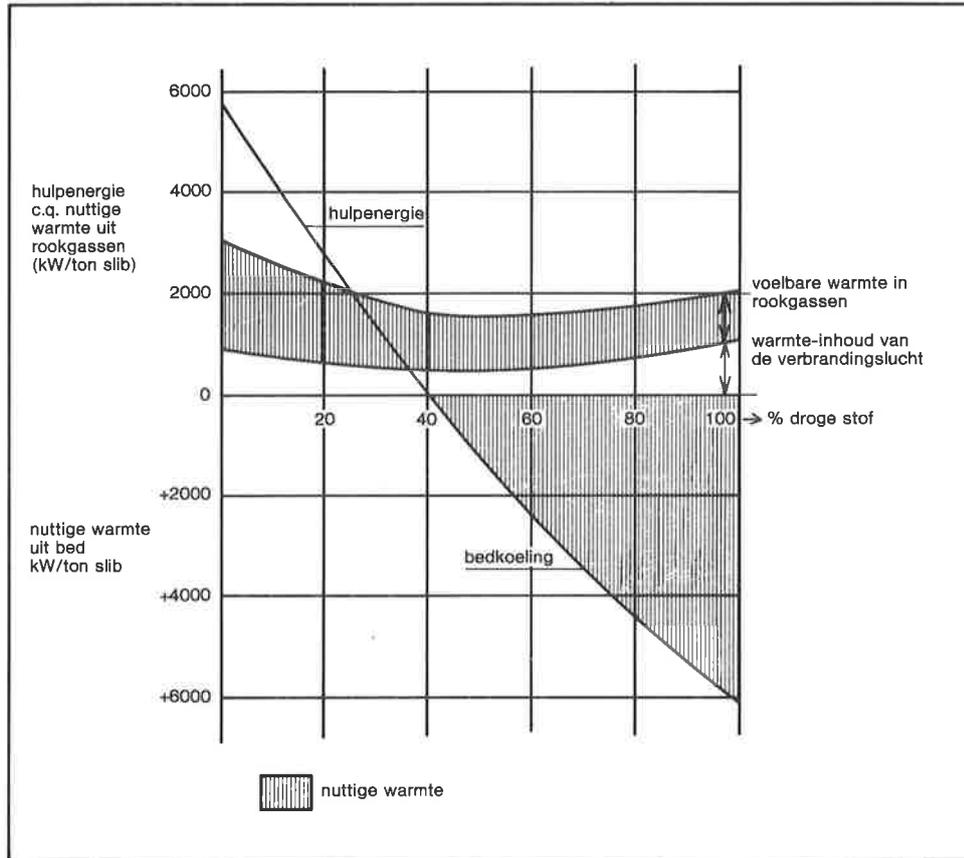
Om tijdens het onderzoek zoals bedtemperatuur, luchtvermaat e.d. een goed beeld te krijgen van de invloed van bepaalde procesparameters op de rookgasemissies wordt een groot aantal rookgascomponenten continu registrerend gemeten. Dit zijn:

zuurstof	(O ₂)
kooldioxide	(CO ₂)
koolmonoxide	(CO)
koolwaterstoffen	(C _x H _y)
stikstofoxiden	(NO _x)
zwaveldioxide	(SO ₂)
chloorwaterstof	(HCl)
of fluorwaterstof	(HF)

afvalverbranding in een fluid-bed oven

Figuur 2. Opstelling van een wervelbedoven voor verbranding van afvalstoffen.





Figuur 4. Nuttige warmte bij de verbranding van slib als functie van het droge stofgehalte.



Onderzoek naar de verbranding van afvalstoffen

In ons land worden per jaar grote hoeveelheden afvalstoffen geproduceerd. Deze afvalstoffen kunnen vast, pasteus, vloeibaar of gasvormig zijn. Verschillende van deze afvalstoffen kunnen vanwege doorgaans meerdere oorzaken niet weer in de materiaalkringloop worden opgenomen.

Verbranden is één van de mogelijkheden om ze kwijt te raken. De vrijkomende energie kan dan worden benut. Wel moet worden nagegaan wat de consequenties van het verbrandingsproces voor het milieu zijn. Een techniek die zich goed leent voor het verbranden van afvalstoffen is de wervelbedverbranding. Deze voor de verbranding van kolen ontwikkelde techniek vindt steeds meer toepassing voor de verbranding van afvalstoffen.

Wat is verbranding?

Verbranding is een chemisch proces waarin, bij een doorgaans verhoogde temperatuur, een (brand)stof reageert met zuurstof. Kenmerken van dit proces zijn:

- er komt energie vrij in de vorm van warmte en/of een verhoging van de druk;
- de oorspronkelijke brandstof wordt vernietigd;
- er ontstaan verschillende reactieproducten.

Verbranding wordt toegepast om één of meerdere kenmerken te benutten. Voorbeelden hiervan zijn:

- het verbranden van fossiele brandstof voor de opwekking van elektriciteit en warmte;
- het verbranden van afvalstoffen;
- het produceren van roet (carbon black) ten behoeve van de bandenindustrie.

**Factoren die de
verbranding beïnvloeden**

De voornaamste factoren die de verbranding beïnvloeden en waarmee dus op de een of andere wijze het verbrandingsproces kan worden gestuurd zijn:

- de soort brandstof
 - vast
 - vloeibaar
 - gasvormig;
- de afmeting van de brandstof
 - deeltjesgrootte
 - druppelgrootte;
- de samenstelling van de brandstof;
- de menging van brandstof en lucht;
- de temperatuur in de vuurhaard;
- het toedienen van toeslagstoffen.

Wanneer we ons realiseren dat deze factoren elkaar ook onderling beïnvloeden, wordt het duidelijk dat we te maken hebben met een uiterst gecompliceerd proces. Het is dan ook niet verwonderlijk dat, mede gezien het belang van het verbrandingsproces voor onze samenleving, over de gehele wereld uitgebreid onderzoek op dit gebied wordt verricht.

**Verbrandingsonderzoek
bij TNO**

Hoewel bij het onderzoek naar de verbranding het zwaartepunt van de aandacht doorgaans op één van de eerder genoemde kenmerken zal zijn gericht, zal dat nooit mogen betekenen dat de andere kenmerken worden verwaarloosd.

Een duidelijk voorbeeld hiervan is de afvalverbranding. Weliswaar wordt hier de verbranding toegepast om de brandstof te vernietigen, maar een studie hiernaar zal niet voorbij kunnen en mogen gaan aan het ontstaan van reactieproducten en de mogelijkheid om de bij de verbranding vrijkomende energie te benutten.

Voor het verbrandingsonderzoek dat door de afdeling Verbrandingstechniek van de Hoofdgroep Maatschappelijke Technologie TNO in samenwerking met de afdelingen Warmte- en Koudetechniek, Stromingstechniek en Analytische Chemie wordt verricht, is deze totaal-aanpak uitgangspunt.

Het omvat de volgende aspecten:

- het optimaal verbranden van de brandstof ten einde de daarin opgeslagen energie zo economisch mogelijk om te zetten en te benutten. Dit laatste houdt in dat ook aandacht wordt geschonken aan de warmte-overdracht in de oven of ketelinstallatie waarin de verbranding plaatsvindt;

- het zo veilig mogelijk verbranden van de brandstof ten einde te bevorderen dat de verbrandingsinstallatie geen gevaar oplevert voor bedienend personeel of omwonenden;
- het beperken van de uitworp van milieu-onvriendelijke componenten zoals zwaveldioxyde stikstofoxyden, zoutzuur en zware metalen uit verbrandingsinstallaties door
 - te bevorderen dat het verbrandingsproces en de verbrandingsinstallatie zodanig worden geoptimaliseerd, dat de vorming van deze componenten minimaal is;
 - te bevorderen dat, wanneer uit het verbrandingsproces bepaalde afvalstoffen vrijkomen, dit in een zodanige vorm geschiedt dat het mogelijk is deze stoffen te verwijderen en ergens voor te gebruiken;
 - het ontwikkelen van reinigingssystemen voor rookgassen van verbrandingsinstallaties;
- het ontwikkelen van de voor het onderzoek benodigde meetapparatuur. Hieronder neemt de meetapparatuur ter bepaling van de concentratie van milieu-onvriendelijke componenten in rookgassen een zeer voorname plaats in;
- het ontwikkelen van speciale verbrandingsapparatuur.

Het onderzoek wordt op verschillende manieren uitgevoerd. Allereerst in het laboratorium door onderzoek aan de daar opgestelde proefinstallaties en door het ontwikkelen van meetapparatuur. Voorts in de praktijk door metingen aan in werking zijnde verbrandingsinstallaties en ten slotte met bureaustudies.

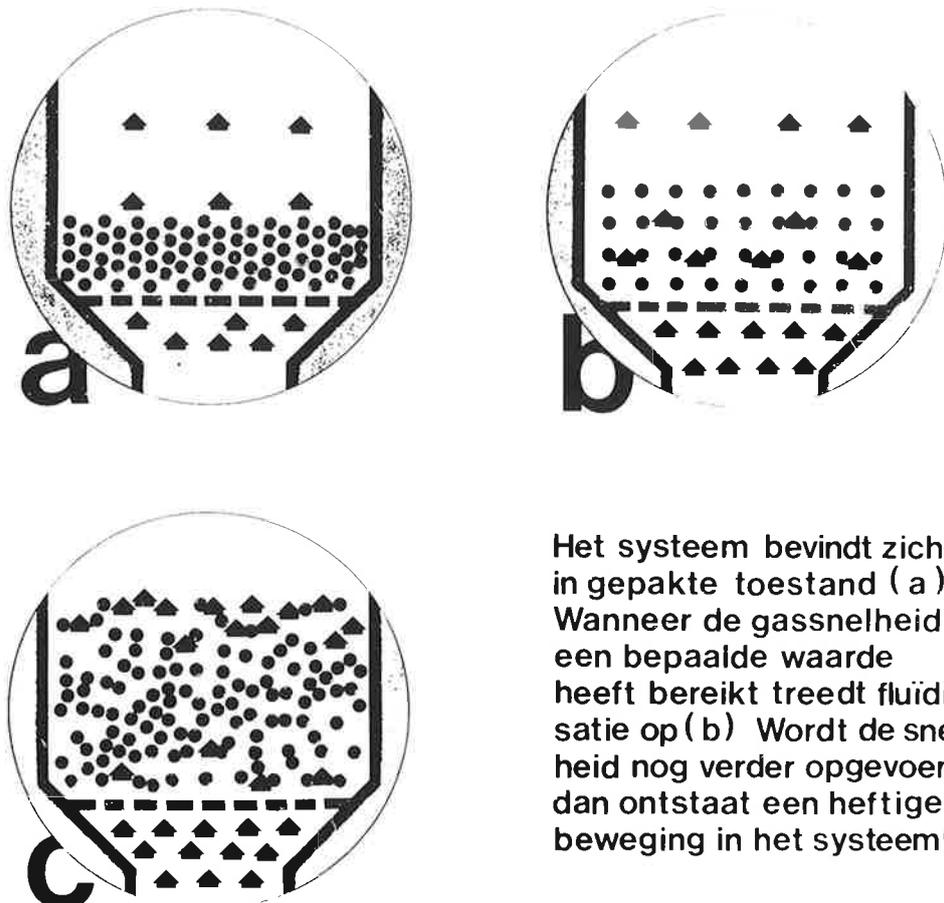
De belangrijkste brandstoffen die in het laboratorium worden onderzocht zijn afvalstoffen en steenkool. Het zou te ver voeren alle onderzoeken die worden uitgevoerd te beschrijven. Dit artikel zal daarom worden beperkt tot een behandeling van het onderzoek dat momenteel sterk in de belangstelling staat, te weten:

- de verbranding van afvalstoffen in een wervelbedoven.

Wervelbed verbranding

Het wervelbed bestaat uit vaste deeltjes die door een opwaartse luchtstroom continu gemengd worden. Bij een geringe lichtsnelheid is het bed gepakt en rust het op een roosterplaat (figuur 1). Deze roosterplaat is voorzien van een groot aantal gaatjes waar lucht doorheen wordt geperst. De luchtstroom die door het bed wordt geblazen heeft een dubbele functie.

Enerzijds zorgt hij voor het in stand houden van de werveling van het bedmateriaal, anderzijds zorgt de luchtstroom voor de toevoer van de voor de verbranding benodigde zuurstof. De afmetingen en de configuratie van deze gaatjes hebben invloed op het wervelingsproces. Bij verder toenemen van de lichtsnelheid worden in het bed luchtbell



Het systeem bevindt zich in gepakte toestand (a) Wanneer de gassnelheid een bepaalde waarde heeft bereikt treedt fluidisatie op (b) Wordt de snelheid nog verder opgevoerd dan ontstaat een heftige beweging in het systeem (c)

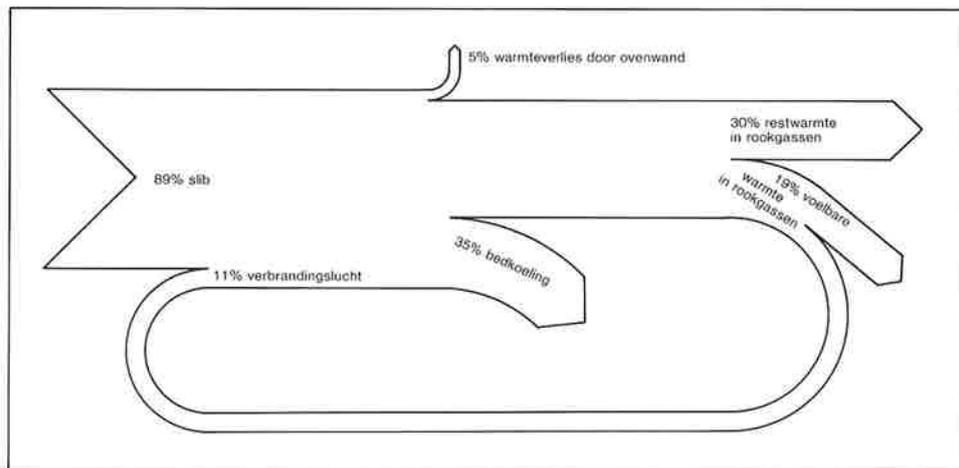
Figuur 1. In een wervelbed worden de vaste deeltjes in een zwevende toestand gebracht.

Wanneer een juiste instelling van de procescondities is bereikt worden uitgebreide milieu- en energiemetingen uitgevoerd.

Voor de milieu-aspecten zijn dit:

- samenstelling van de afvalstof;
- samenstelling en hoeveelheid residu (bed, cycloon en doekenfilter);
- samenstelling en hoeveelheid van het stof in de rookgassen.

Wanneer dit op grond van de samenstelling van de te onderzoeken afvalstof nodig wordt geacht, kunnen zware metalen eventueel PCB's en dioxine in de rookgassen en het residu worden gemeten.



Figuur 3. Sankey-diagram van de verbranding van slib met circa 60% droge stof in een wervelbedoven.

Energie

Met behulp van de uitgevoerde energiemetingen wordt een energiebalans over de installatie opgesteld. Deze balans geeft informatie over de energieconsumptie en de energieproductie van de installatie. De energiestromen worden meestal in een zogenaamd Sankey diagram weergegeven (figuur 3). Uit deze gegevens kan worden bepaald welke hoeveelheid energie nuttig gebruikt kan worden of hoeveel energie aan het verbrandingsproces moet worden toegevoerd indien de afvalstof een lage verbrandingswaarde heeft (figuur 4).

gevormd. Het aanvankelijk gepakte bed expandeert, waardoor het bedmateriaal gaat wervelen. Bij nog verder toenemen van de luchtsnelheid wordt, door de belvorming, het wervelbed steeds onrustiger waardoor een heftige beweging van de vaste deeltjes in de stromende lucht wordt verkregen. Tengevolge van deze heftige beweging ontstaat een zeer goede menging van de vaste deeltjes in het bed.

De luchtsnelheid in het bed moet tussen twee grenzen worden gehouden, waarbij de laagste luchtsnelheid zodanig is dat juist geen vaste deeltjes bezinken en de hoogste luchtsnelheid zodanig dat geen ongewenste hoeveelheden vaste deeltjes door de luchtstroom worden meegevoerd. De grenzen waarbinnen het wervelbed kan opereren, worden onder andere beïnvloed door de deeltjesgrootte en dichtheid van de deeltjes. Voordat de verbranding in een wervelbed plaatsvindt, moet het bed eerst worden opgewarmd tot boven de ontstekings temperatuur van de brandstof.

Is deze temperatuur bereikt dan kan de brandstof of de afvalstof direct in het bed worden gedoseerd. Het bed fungeert dan als een thermisch vliegwiel.

Eigenschappen van een wervelbed vuurhaard

Een wervelbed vuurhaard heeft in vergelijking met andere vuurhaarden een aantal gunstige eigenschappen. Deze zijn voornamelijk toe te schrijven aan de goede stof- en warmte-overdrachtscondities die door de goede menging van het bedmateriaal en de te verbranden stoffen gerealiseerd kunnen worden.

Voordelen van een wervelbed zijn onder andere:

- een homogene temperatuur en gassamenstelling in de vuurhaard waardoor voor de verbranding optimale condities kunnen worden ingesteld en emissies van stank en schadelijke stoffen zoveel mogelijk worden vermeden;
- een relatief lage verbrandingstemperatuur waardoor de vorming van thermische stikstofoxyden wordt voorkomen;
- een goede interne meninging van de vaste brandstof met de zuurstof;
- geen strenge eisen aan de grootte en vorm van de toe te voeren brandstoffen;
- de mogelijkheid om door het toedienen van toeslagstoffen bepaalde gasvormige componenten te binden;
- een hoge warmte-overdracht naar de vuurhaardwanden of de koelpijpen.

De experimentele wervelbed vuurhaard

De bij de afdeling Verbrandingstechniek gebouwde oven heeft een cilindrische vuurhaard met een diameter van 0,5 m en hoogte van circa 6 m (figuur 2). De vuurhaard is opgebouwd uit vuurvast beton, waardoor vuurhaardtemperaturen tot circa 1400 °C toegelaten kunnen worden. Voor het afscheiden van vaste deeltjes zijn in de rookgasstroom een cycloon en een doekenfilter geplaatst. In de rookgasstroom bevindt zich tevens een luchtverhitter waarin de rookgassen worden afgekoeld en de verbrandingslucht wordt opgewarmd. De temperatuur van de verbrandingslucht is circa 450 °C.

In het bed, dat bij de verbranding van afvalstoffen meestal uit zand bestaat, bevinden zich koelpijpen. Hierdoor wordt de in het bed ontwikkelde warmte afgevoerd. Wanneer de verbrandingswarmte van een afvalstof te laag is om het bed op de gewenste temperatuur te houden, worden in het bed branders aangebracht. Door deze flexibele bouw is het mogelijk stoffen met een hoge verbrandingswarmte (zoals steenkool) en stoffen met een zeer lage verbrandingswarmte (zoals slib) in de oven te onderzoeken. Door middel van een computersysteem worden de meetgegevens, zoals rookgasemissies en vuurhaardtemperaturen, automatisch opgenomen en verwerkt.

Onderzoeksaspecten

Het onderzoek in de wervelbedoven is er in het algemeen op gericht het verbrandingsproces te optimaliseren. De belangrijkste aspecten hierbij zijn:

- overcapaciteit;
- milieu;
- energie.

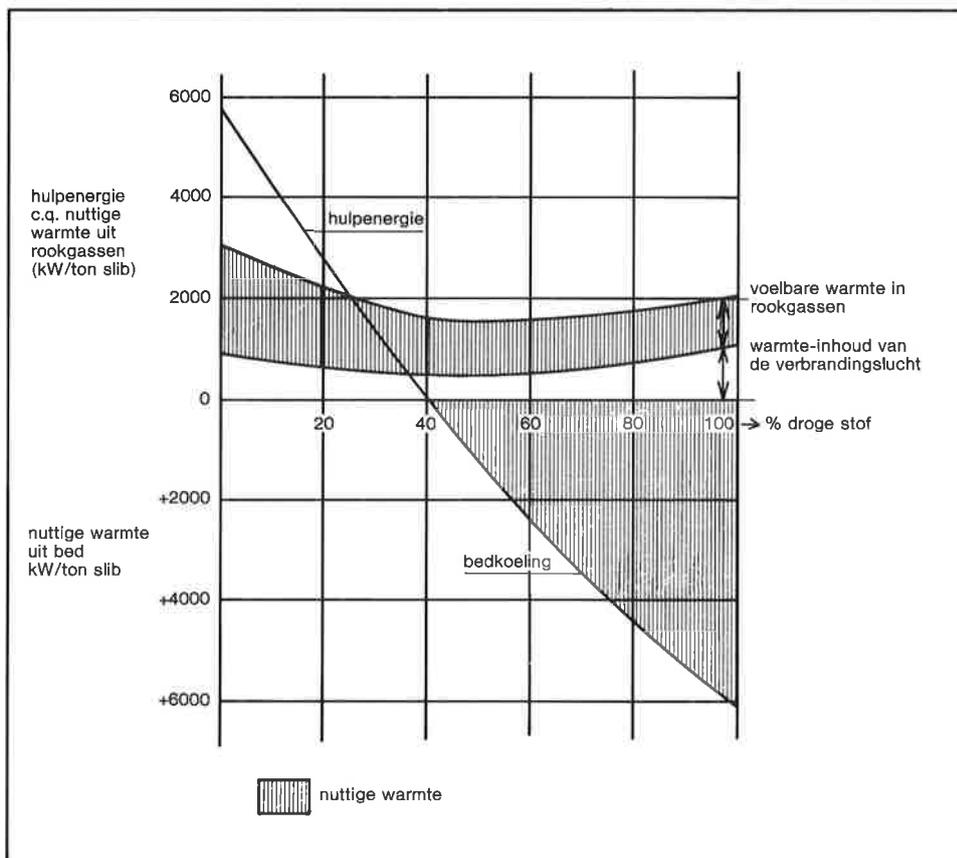
Capaciteit

Een belangrijk gegeven voor het ontwerp van een praktische installatie is de capaciteit van de oven. Daarom wordt tijdens het onderzoek de maximale overcapaciteit vastgesteld, bij een overigens goed verloopend verbrandingsproces.

Milieu

Om tijdens het onderzoek zoals bedtemperatuur, luchtvermaat e.d. een goed beeld te krijgen van de invloed van bepaalde procesparameters op de rookgasemissies wordt een groot aantal rookgascomponenten continu registrerend gemeten. Dit zijn:

zuurstof	(O ₂)
kooldioxide	(CO ₂)
koolmonoxide	(CO)
koolwaterstoffen	(C _x H _y)
stikstofoxyden	(NO _x)
zwaveldioxide	(SO ₂)
chloorwaterstof	(HCl)
of fluorwaterstof	(HF)

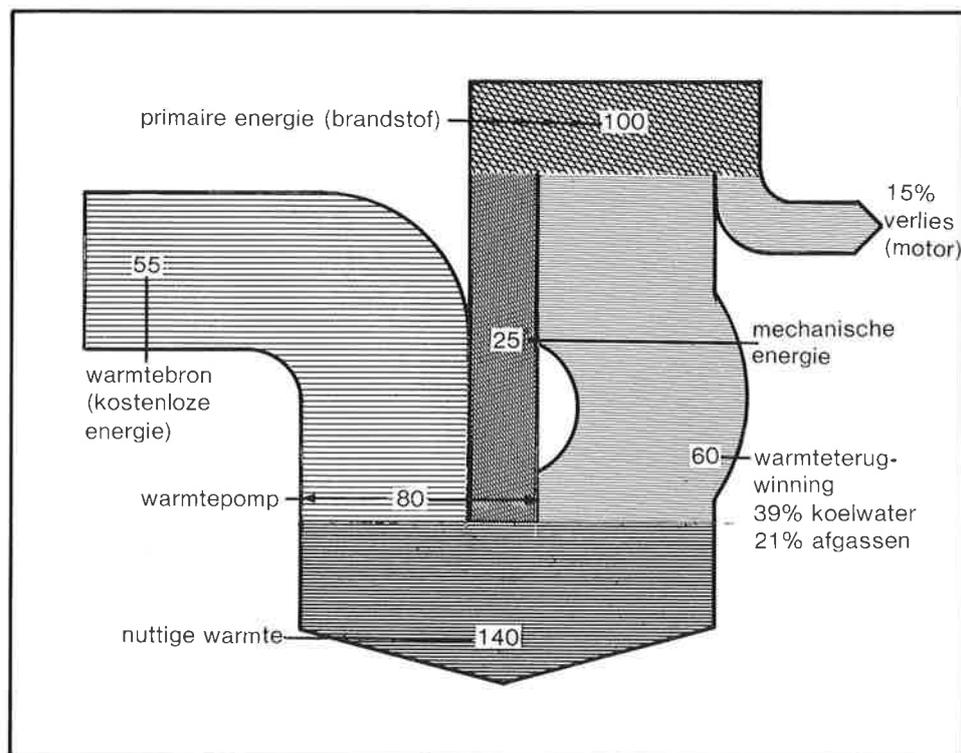


Figuur 4. Nuttige warmte bij de verbranding van slib als functie van het droge stofgehalte.

Warmtepompbeproeving

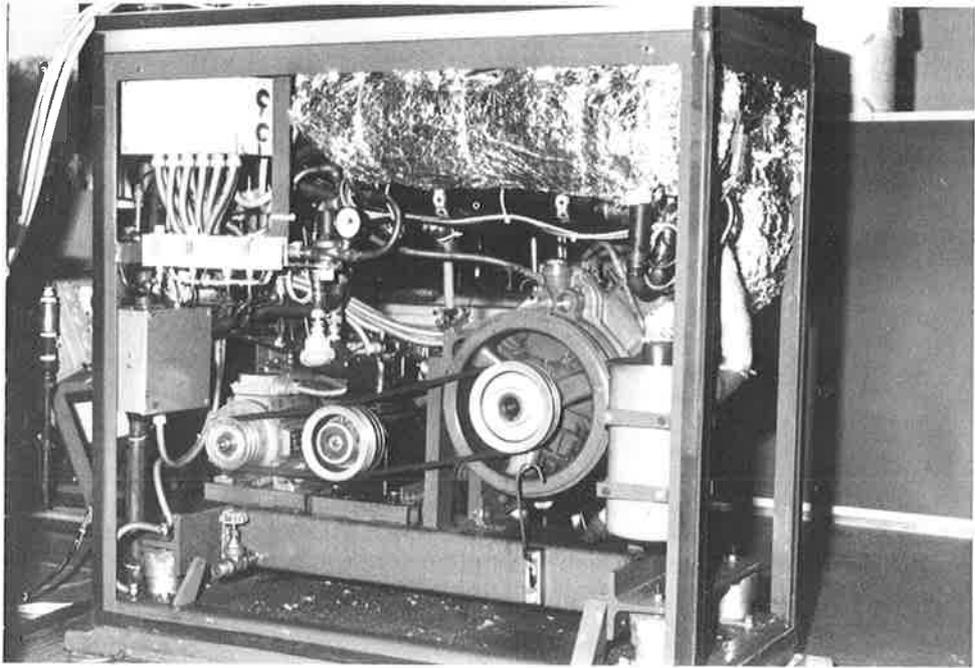
Inleiding In het kader van noodzakelijke energiebesparing biedt woningverwarming door middel van warmtepompen interessante mogelijkheden. Dit geldt in het bijzonder voor de thermisch gedreven warmtepompen, waarmee warmte van een lager op een hoger temperatuurniveau wordt gebracht op basis van direct gebruik van fossiele brandstof of beschikbare warmte. Het zwaartepunt van het warmtepomp onderzoek bij TNO ligt bij deze categorie warmtepompen.

Gasmotorwarmtepomp Door de aanwezige infrastructuur voor aardgas, het betrekkelijk milde zeeklimaat en het energiebesparingspotentieel, circa 50% van dat van een conventionele gasgestookte verwarmingsinstallatie, verdient de door een gasmotor gedreven compressiewarmtepomp in Nederland grote aandacht. Een aantrekkelijk aspect van dit type warmtepomp is bovendien, dat het temperatuurniveau van het verwarmingswater geschikt is voor warmtedistributie door middel van een radiatorensysteem, waardoor ook bestaande verwarmingssystemen in woningen voor toepassing in aanmerking komen. Tapwaterbereiding behoort eveneens tot de mogelijkheden. Een dergelijk temperatuurniveau kan worden bereikt door het terugwinnen van een deel van de afvalwarmte van de gasmotor, met name uit het koelwater, de smeerolie en de afgassen.



Energiebalans van een gasmotorwarmtepomp (in procenten).

Experimenteel onderzoek Door TNO worden veldmetingen uitgevoerd aan een gasmotorwarmtepompinstallatie te Almere-Haven, waar met grondwater als warmtebron 45 woningen worden verwarmd door middel van vloerverwarming (450 kW, waarvan 250 kW door de warmtepomp). Kleinschalige gasmotorwarmtepompen zijn onlangs in het commerciële stadium gekomen, doch praktische informatie omtrent de energiebesparingsmogelijkheden en de toepasbaarheid in Nederland ontbreken nog. Aan een dergelijke eerste generatie thermische warmtepompen, geschikt voor individuele woningverwarming, wordt thans experimenteel onderzoek verricht zowel in het laboratorium als in een goed geïsoleerde tussenwoning onder praktijkomstandigheden. Het



Gasmotorwarmtepomp voor individuele woningverwarming.

betreft een monovalent bedreven lucht/water warmtepomp met een verwarmingsvermogen van ca. 11 kW bij 10°C luchttemperatuur. Het zwaartepunt van dit onderzoek ligt op de technisch-economische en de milieuaspecten, terwijl tevens ontwikkelingswerk wordt verricht ter verbetering van de werking van dit type warmtepomp.



Beproeving lucht/water warmtepomp voor een eengezinswoning.

Dienstverlening

De activiteiten van de afdeling Warmte- en Koudetechniek van TNO met betrekking tot warmtepompen kunnen als volgt worden samengevat:

- adviseren over de toepassing van warmtepompen voor ruimteverwarming en warmteterugwinning;
- uitvoeren van technische en economische evaluaties;
- ontwikkelen van warmtepompsystemen of onderdelen daarvan zowel voor verwarming en/of tapwatervoorziening van woningen en gebouwen als voor industriële doeleinden;
- beproeven en onderzoeken van warmtepompen op laboratoriumschaal en in de praktijk;
- uitvoeren van afnemingsbeproevingen.



Instituut voor Leder en Schoenen

Onderzoek aan afvalwater

Vele bedrijven lozen afvalwater. Dit afvalwater kan qua samenstelling en hoeveelheid sterk verschillen. Het afvalwater wordt in het algemeen rechtstreeks in het gemeentelijk riool geloosd. Bij grote bedrijven wordt vaak geloosd nadat het afvalwater op het bedrijf zelf is gezuiverd.

Voor het lozen van afvalwater is een vergunning vereist. Het lozen van afvalwater wordt door de overheid belast volgens het principe 'de vervuiler betaalt'. Om de vervuiling te bepalen is debietmeting, bemonstering en analyse van het afvalwater noodzakelijk.

Bij het Instituut voor Leder en Schoenen bestaat reeds jarenlang ervaring met het afvalwater uit de lederindustrie. Zowel zuivering als analyse van dit sterk vervuilde afvalwater zijn de laatste 10 jaar uitvoerig onderzocht. Sinds kort beschikt het instituut ook over een mobiele meetwagen waarmee het afvalwater van elke hoofd- of deelstroom volautomatisch gemeten en bemonsterd kan worden.



Waarom meten

Zoals hiervoor vermeld kan de afvalwatermeting als basis dienen voor opgave van de watervervuiling zoals deze door de waterbeheerder wordt verlangd. Bijna alle bedrijven zijn in verband met de heffingsplicht genoodzaakt gedurende een of meerdere periodes of zelfs continu hun afvalwater te meten en te analyseren.

De meetwijze is volledig geaccepteerd door de waterbeheerder.

Een tweede reden voor een meting kan zijn dat bedrijven zelf een nauwkeurig beeld willen krijgen van de verdeling van de vervuiling over de verschillende deelstromen in hun bedrijf. Omdat met behulp van de TNO-meetwagen deze deelstromen gemeten kunnen worden, kan op grond van een dergelijke meting bijstelling of verandering van (deel)processen of toepassing van deelzuiveringen worden overwogen.

De meting De meetwagen is zodanig ingericht dat deze zonder verder toezicht gedurende een gewenste periode de hoeveelheid afvalwater kan meten, registreren en bemonsteren. Door de afvalwaterstroom te onderbreken (b.v. door afstoppen van de riolering, of het plaatsen van een overloopschot) kan zowel vanuit een Thomson meetput, als vanuit bezinkputten, kleine rioolputten of andere voorraadputten gemeten worden. Deze flexibiliteit brengt minimale kosten voor het bedrijf met zich mee. Het afvalwater wordt uit de put gepompt en via de meetwagen weer teruggepompt in de riolering. De hoeveelheid afvalwater wordt inductief gemeten volgens een meetprincipe berustend op de wet van Faraday: de door een magneetveld stromende geleidende vloeistof wekt een spanning op welke proportioneel is aan de gemiddelde stroomsnelheid. Uit de doorstroomsnelheid wordt met behulp van de bekende doorsnede van de meetgever de volumetrische hoeveelheid bepaald. De meting heeft een nauwkeurigheid van 0,5% en is onafhankelijk van druk, temperatuur, soortelijke massa, viscositeit en geleidbaarheid van het medium (voor zover de minimum geleidbaarheid van 1 $\mu\text{s}/\text{cm}$ niet onderschreden wordt). Dit maakt het mogelijk de meest uiteenlopende waterige vloeistoffen te meten. In de meetwagen is verder ondergebracht een monsternameapparaat voor zowel volume- als tijdsproportioneel bemonsteren. Hiermede kan b.v. een mengmonster worden verzameld met een gemiddelde samenstelling over een te kiezen periode.

Vervuilingswaarde afvalwater Om de vervuilingswaarde van het afvalwater te berekenen moet het aantal vervuilingseenheden bekend zijn. De bepalende factoren voor de berekening van het aantal vervuilingseenheden zijn de zuurstofbindende (CZV, Nkj) en de andere dan zuurstofbindende stoffen. De analyse van deze stoffen (zoals CZV, Nkj, zware metalen etc.) in het verzamelde mengmonster kunnen bij het Instituut voor Leder en Schoenen verricht worden. Het Instituut beschikt hiervoor over moderne apparatuur (titreerautomaat, AAS, gaschromatografie etc.).

Zuivering van afvalwater In samenwerking met de lederindustrie werd door het Instituut voor Leder en Schoenen de afgelopen jaren een uitgebreid onderzoek verricht naar de zuivering van afvalwater. Een en ander resulteerde in adviezen betreffende procesverbetering alsmede het ontwerpen van waterzuiveringsinstallaties. Indien gewenst kan dan ook het Instituut voor Leder en Schoenen adviseren c.q. onderzoek verrichten betreffende het zuiveren van afvalwater.

Voor verdere informatie:
Instituut voor Leder en Schoenen TNO
Afvalwatermeting, bemonstering en analyse:
Ing. M. T. van Vliet
Afvalwaterzuivering:
H. A. A. Pelckmans

Onderzoek aan afvalwater

Vele bedrijven lozen afvalwater. Dit afvalwater kan qua samenstelling en hoeveelheid sterk verschillen. Het afvalwater wordt in het algemeen rechtstreeks in het gemeentelijk riool geloosd. Bij grote bedrijven wordt vaak geloosd nadat het afvalwater op het bedrijf zelf is gezuiverd.

Het lozen van afvalwater wordt door de overheid belast volgens het principe "de vervuiler betaalt". Om de vervuiling te bepalen is debietmeting, bemonstering en analyse van het afvalwater noodzakelijk.

Bij het instituut voor Leder en Schoenen TNO te Waalwijk bestaat reeds jaren lang ervaring met het afvalwater uit de lederindustrie. Zowel zuivering als analyse van dit sterk vervuilde afvalwater zijn de laatste 10 jaar onderzocht. Het Instituut beschikt tevens over een mobiele meetwagen, waarmee het afvalwater van elke toegankelijke hoofd- of deelstroom volautomatisch gemeten en bemonsterd kan worden.

Waarom meten

Sedert 1971 worden, op grond van de Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren (WVO) heffingen opgelegd aan huishoudens, bedrijven en instellingen. De heffingen worden voor "kleine vervuilers" vastgesteld op basis van de tabel afvalwatercoëfficiënten, terwijl de grotere bedrijven verplicht zijn gedurende een of meerdere periodes of zelfs continu de hoeveelheid afvalwater te meten en te analyseren. Het TNO-instituut te Waalwijk kan, als onafhankelijk advies-bureau, de metingen en analyses voor opdracht-gevers uitvoeren. De

meetwijze is volledig geaccepteerd door de waterbeheerders en de meting kan dus als basis dienen voor opgave van de watervervuiling.

Een tweede reden voor een meting kan zijn dat men zelf een nauwkeurig beeld wil krijgen van de verdeling van de vervuiling over de verschillende deelstromen in het bedrijf. Met name wanneer men wordt aangeslagen via de tabel afvalwatercoëfficiënten is het interessant te weten, wat de "reële vervuiling" van het afvalwater is.

Elke toegankelijke afvalwaterstroom kan met behulp van de TNO meetwagen gemeten worden, op basis waarvan eventuele processanering en/of (deel)zuivering van het afvalwater kan worden overwogen.

De meting

De meetwagen is zodanig ingericht dat deze zonder toezicht gedurende een gewenste periode de hoeveelheid afvalwater kan meten, registreren en bemonsteren. Door de afvalwaterstroom te onderbreken (b.v. door afstoppen van de riolering, of het plaatsen van een overloopschot) kan zowel vanuit een Thomson meetput, als vanuit bezinkputten, kleine rioolputten of andere voorraadputten gemeten worden. Deze flexibiliteit werkt kostenbesparend voor het bedrijf. Het afvalwater wordt uit de put gepompt en via de meetwagen weer geloosd in de riolering. De hoeveelheid afvalwater wordt inductief gemeten. In de meetwagen is verder ondergebracht een monsternameapparaat voor zowel volume- als tijdsproportioneel bemonsteren. Hiermede kan b.v. een representatief mengmonster worden verzameld met een gemiddelde samenstelling over een te kiezen periode.

De meetwagen (3 x 2 meter) dient zo dicht mogelijk bij de (pomp)put opgesteld te worden en heeft een maximale capaciteit van 70 m³/h. Verder dient op de meetplaats een elektrische aansluiting met een spanning van 380 V aanwezig te zijn.

Analyse en rapportering

Om de vervuilingsswaarde van het afvalwater te berekenen, moet het aantal vervuilingseenheden bekend zijn. De bepalende factoren voor de berekening van het aantal vervuilingseenheden zijn, behalve de hoeveelheid afvalwater, de zuurstofbindende (CZV, Nkj) en de andere dan zuurstofbindende stoffen. De analyse van deze stoffen (zoals CZV, Nkj, zware metalen etc.) in het verzamelde mengmonster kunnen bij het TNO-instituut te Waalwijk verricht worden. Het Instituut beschikt hiervoor over moderne apparatuur (titreer-automaat, atoomabsorptie



spectrofotometer, gaschromatograaf etc.)
De resultaten van de afvalwatermeting worden zo uitgebreid mogelijk gerapporteerd. Het rapport bevat gewoonlijk alle gegevens van de meting, alle analyseresultaten, een berekening van de vervuilingswaarde, een eventuele waterbalans, plus zo mogelijk de productie (of het grondstoffenverbruik) over de meetperiode.

Zuivering van afvalwater

In samenwerking met de lederindustrie werd de afgelopen jaren door het Instituut voor Leder en Schoenen TNO een uitgebreid onderzoek verricht naar de zuivering van afvalwater. Een en ander resulteerde in adviezen betreffende procesverbetering alsmede het ontwerpen van waterzuiveringsinstallaties, berustend op fysisch-mechanische en chemische zuiveringstechnieken. Indien gewenst kan het Instituut adviseren c.q. onderzoek verrichten betreffende het zuiveren van afvalwater.

Indien men in bovenstaande zin van de diensten van het Instituut gebruik wil maken, kan men voor een vrijblijvend gesprek contact opnemen met onderstaande personen.

Naar aanleiding van dit gesprek kan dan een offerte worden gedaan. Voor een globale kostenberekening betreffende afvalwatermeting en -analyse wordt verwezen naar bijgaande kostenstaat.

Het huren van de meetwagen is onder bepaalde voorwaarden eveneens mogelijk. Verdient dient opgemerkt te worden dat opstellen, inregelen en afkoppelen van de meetwagen altijd door TNO zal worden verricht, terwijl in geval van officiële metingen elke dag controle zal plaatsvinden en tevens monsters zullen worden opgehaald ter analyse.

Het Instituut kan ook helpen bij het invullen van het aangifteformulier WVO, de aanvraag voor een afvalwatermeting, een aanvraag voor een vergunning inzake de Hinderwet, etc.

Voor verdere informatie:

Instituut voor Leder en Schoenen TNO

Mr. van Coothstraat 55

5141 ER Waalwijk

Telex 35083 Istno nl

Tel. 04160-33255

Afvalwatermeting, bemonstering en analyse:

Ing. M. T. van Vliet

Afvalwaterzuivering:

H. H. A. Pelckmans

Voor algemene informatie over TNO:
Centrale Stafafdeling In- en Externe Communicatie TNO
Juliana van Stolberglaan 148
2595 CL 's-Gravenhage
Tel. 070 - 81 44 81

Kostenaspecten 1982

Kosten voor meetperiode, bemonstering en analyse van afvalwater zijn:

– Kosten meetwagen: 1e week	f 650,—
elke volgende week	– 300,—
– Reiskosten per afgelegde km	– 2,—
– Analysekosten:	
CZV, Nkj en pH per monster	– 96,—
zware metalen per metaal, per monster	– 21,—
(indien ontsluiting noodzakelijk f 52,— extra)	
Eventuele andere analyses op aanvraag	
– Huur meetwagen per week (excl. reis-, installatie- en instructiekosten)	– 1000,—

Voor verdere informatie:

Instituut voor Leder en Schoenen TNO

Mr. van Coothstraat 55

5141 ER Waalwijk

Telex 35083 Istno nl

Tel. 04160-33255

Afvalwatermeting, bemonstering en analyse:

Ing. M. T. van Vliet

Afvalwaterzuivering:

H. H. A. Pelckmans



Bureau Milieuprojecten

Wegwijzer milieu-onderzoek

TNO verricht milieu-onderzoek van velerlei aard en voor diverse belanghebbenden. Het werk omvat zowel het vaststellen van de oorzaken, de aard en de schadelijkheid van milieuverontreinigingen, als het zoeken naar doelmatige en haalbare oplossingen voor het bestrijden en voorkomen ervan. Deze activiteiten zijn gespreid over een groot aantal gespecialiseerde TNO-onderdelen. Als intern dwarsverband bevordert de Commissie Milieuprojecten TNO de samenhang van de milieu-onderzoekingen van de hoofdgroepen en hun instituten.

RAAD VAN BESTUUR



Voor buitenstaanders is het vaak moeilijk snel de beste ingang tot de vele mogelijkheden van TNO te vinden. Mede daarom is het Bureau Milieuprojecten ingesteld. De taak van dit bureau is onder meer belangstellenden in contact te brengen met de TNO-deskundigen die de beste bijdrage tot de probleemoplossing kunnen leveren. Hieronder geven wij een beknopt overzicht van enkele onderzoekthema's op milieugebied, waaraan TNO veel aandacht geeft.

Emissiebepalingen

In concrete gevallen worden de aard en de hoeveelheid vastgesteld van stoffen die worden uitgestoten naar lucht, water en bodem. Ook fysische verschijnselen zoals geluids-emissies worden onderzocht. TNO beschikt over uitgebreide mogelijkheden voor monsternamen, analyse, meting en registratie. Naar behoefte worden daarvoor methoden en instrumenten ontwikkeld.

Bronanalyse

Vervuilingbronnen van diverse aard worden geregistreerd en beoordeeld op hun bijdrage aan schade of hinder. De oorzaken van vervuilende uitstoot en geluidhinder en de mogelijkheden tot vermindering worden opgespoord. TNO heeft verscheidene instituten die zijn gespecialiseerd op bepaalde bedrijfstakken, activiteiten en/of technieken. Daardoor hebben de medewerkers ook oog voor andere aspecten dan milieuzorg.

Verspreidingsonderzoek

Onderzocht worden de lotgevallen van vervuilingen zoals de verspreiding, omzettingen en ophopingen. De concentraties waaraan mensen, dieren, planten en materialen worden blootgesteld, worden zowel gemeten als door berekening voorspeld. Het werk heeft mede betrekking op geluidhinder en stralingsbelasting. Diverse TNO-instituten doen experimenteel en theoretisch onderzoek naar chemische, fysische en biologische mechanismen. Ze ontwikkelen en hanteren rekenmodellen en verrichten immissiemetingen.

Effectenonderzoek

Nagegaan worden de schadelijke of hinderlijke effecten van milieuvervuilingen. Het werk omvat de beoordeling van de giftigheid van milieuvreemde stoffen, invloeden op gezondheid en voortplanting, stankoverlast, geluidhinder en corrosie. Op diverse plaatsen in TNO beschikt men over ervaring en hulpmiddelen voor het verrichten van toxicologisch en medisch-biologisch onderzoek, inclusief screenings- en toetsmethoden.

Preventietechnologie Veel aandacht hebben processen en apparaten voor de zuivering van lucht, water en bodem, de ontwikkeling van nieuwe produkten en technieken, die tot minder vervuiling of overlast leiden. Ook op de berging, verwerking en het benutten van afval en reststoffen wordt veel onderzoek gericht.

In verscheidene instituten worden fysische, chemische en biotechnische methoden ontwikkeld voor de verbetering, ontwikkeling en beproeving van technieken en installaties. Daarbij worden ook aspecten zoals energie en grondstoffen in aanmerking genomen.

Samenhangen Er worden studieprojecten uitgevoerd waarin meerdere van de voorgaande thema's worden geïntegreerd, tezamen met economische, bestuurlijke en sociaal-psychologische aspecten. Hiertoe worden naar behoefte teams uit diverse TNO-instituten samengesteld.

Contactadres
Bureau Milieuprojecten TNO
(t.a.v. Ir. J. van Leeuwen)
Complex Zuidpolder
Schoemakerstraat 97, 2628 VK Delft
Postbus 217, 2600 AE Delft
Telefoon 015-56 93 30
Telex 38071 zptno nl